

## Как создавалась сигнализация на железных дорогах

(Г.В. Никитина, В.Н Романенко)

Сигнализация, а также централизация и прочие вопросы автоматики на железных дорогах — это большая разветвлённая область техники. Именно поэтому история становления основных принципов и идей этой области представляет интерес для отдельного рассказа. Создатели первых железных дорог были главным образом озабочены конструкциями локомотивов. От инженеров тогда требовалось обеспечить необходимую тягу и скорость, наладить путевое хозяйство. Вопросы безопасности движения в этот период всерьёз ещё не возникали. По этой причине первые паровозы не имели даже звукового сигнала. Естественно, что никто тогда не задумывался о более серьёзных задачах путевой сигнализации и связи. Как известно, в день открытия железнодорожного сообщения на линии Ливерпуль-Манчестер в 1830 году один из ярых сторонников железнодорожного движения погиб, попав под колёса поезда, который отправился в путь без какого-либо сигнала. После этого машинистам стали выдавать сигнальные рожки, с тем, чтобы они могли оповещать о начале движения и о приближении поезда. В 1835 году на паровозах появились паровые свистки. Поезда в то время двигались с небольшими скоростями и поэтому требование о том, чтобы впереди поезда скакал всадник, оповещавший об его приближении, не казалось странным. Противники железных дорог считали, что шум от поездов и звуковые сигналы будут пугать скот на близлежащих полях. Основываясь на этих и ряде других соображений, они выступали с требованиями запретить железнодорожное движение, ограничить его скорости и т.д. Это во многом подогревалось и конкуренцией со стороны владельцев средств водного и гужевого транспорта. Сейчас все эти соображения кажутся просто смешными. Тем не менее, читая ряд высказываний против строительства скоростной железной дороги Санкт-Петербург — Москва полезно вновь окунуться в атмосферу того времени и сравнить соответствующие высказывания.

Первые железнодорожные линии были короткими. Поезда по ним ходили редко, и вопрос о столкновениях поездов в этот относительно короткий период времени реально не стоял. Главной заботой было обеспечение пешеходов и пассажиров от наезда. Для предотвращения столкновений поезд доходил до конца линии, а затем возвращался обратно. Однако такие условия эксплуатации линий закончились очень быстро. Когда начались пассажирские перевозки, то их организаторы вначале стремились к «симметричному расписанию». Это означало, что поезда с обеих конечных станций отправлялись одновременно. Связи между станциями не было, и отправление поездов проводилось по часам. При небольшой длине линий приблизительно в середине пути устраивался разъезд, Поезда доходили до него и, если не было встречного поезда, то ждали его прибытия. Такая схема организации движения пассажирских поездов была принята, в частности, для первой российской линии Петербург — Царское Село — Павловск. В середине основного участка на станции Московское шоссе, был разъезд. На нём встречные поезда должны были ждать друг друга. Тем не менее, эта казавшаяся разумной схема не была идеальной. 11 августа 1840 года в вечернее время поезд, шедший из Павловска, по не установленным причинам прошел станцию Московское шоссе без остановки и на 9 версте от Петербурга столкнулся со встречным поездом. В этой аварии погибло 6 человек. Это было уже второе крушение на линии, и оба они сопровождалось человеческими жертвами. Хотя первое крушение было вызвано совсем иными обстоятельствами, одновременное отправление встречных поездов на линии было отменено. Вскоре начались работы по установлению телеграфной связи между станциями.

Надо сказать, что схемы с обязательным ожиданием встречного состава и сейчас иногда применяются на городских трамвайных линиях с малыми плотностями движения, например, в городах Новочеркасске и Евпатории. Естественно, что в нынешнее время эта схема обязательно дополняется современными схемами светофорной сигнализации.

Разъезд встречных поездов организовать всё же достаточно просто. В этом случае машинист заранее знает о месте встречи и готовится остановить поезд. Значительно сложнее было в начальный период эксплуатации железных дорог избежать столкновения поездов, которые двигались в одном и том же направлении друг за другом. Как уже было написано, скорости поездов были тогда относительно небольшими. В Англии они были около 60 миль/ час, а в России они достигали иногда 60 вёрст /час. И верста, и английская миля существенно больше одного километра. Тем не менее, это всё же не очень большие скорости. Проблема была в другом. В те годы тормоза имели только паровоз и один из вагонов, где находился главный кондуктор. Поэтому торможение тяжело гружёного состава требовало большого тормозного пути. Он иногда достигал 2 км. Поэтому понятие экстренного торможения было своеобразным и определить место, где остановится при этом состав, было практически невозможно. Связи между машинистом и станцией не было. Не было и сигнализации на участках между станциями. Поэтому в первые годы эксплуатации железных дорог основным фактором, который определял возможность пропуска состава, следующего вслед за уже прошедшим, было только время. Если первый

поезд по каким-либо причинам останавливался на перегоне, то для избежания столкновений машинист следующего за ним поезда должен был это заметить и успеть затормозить.

Уже в первые годы работы железных дорог на железнодорожных станциях Англии появился специальный служащий. Он назывался полисменом. Его задачей было предупредить машиниста поезда о том, что интервал времени между его составом и предыдущим достаточно велик. Полисмен следил за этим по часам. Следует отметить, что собственные часы в те годы были редкостью. Во всех странах мира, в том числе и в России, администрация дорог выдавала их служащим станций, машинистам, а затем и телеграфистам. В соответствии с английскими правилами первых лет работы железных дорог в течение первых пяти минут после прохода поезда полисмен должен был показывать запрещающий сигнал, затем в течение ещё пяти минут предупреждающий и лишь затем разрешающий. Сигналы подавались цветными флагами. Затем, после начала ночного движения, появились и фонари. Их цвет совпадал с цветом соответствующих флагов. Выбор цветовой гаммы был определён физиологией человеческого глаза. Максимум чувствительности глаза отвечает красному и зелёному цветам. Эти цвета видны с большего расстояния по сравнению с другими цветами. Соответственно красный цвет флага и сигнального фонаря с самого начала использовались в качестве запрещающего сигнала. Для предупреждающего сигнала использовался зелёный цвет. Разрешающим сигналом был белый цвет, который ночью соответствовал цвету сигнального фонаря без фильтра. Последний часто был близок к жёлтому цвету. Ночная подача световых сигналов столкнулась с неожиданной трудностью. В качестве разрешающего сигнала машинисты иногда принимали свет фонарей уличного или станционного освещения. Поэтому очень быстро для разрешающего сигнала стал использоваться зелёный свет, а предупреждающий сигнал стал жёлтым или оранжевым. Хорошо известно, что зелёный цвет можно получить, смешивая жёлтую и синюю краски. Соответственно на сигнальном фонаре, испускавшем жёлтый свет, надо было устанавливать синие фильтры. Так и поступали на практике. Именно с этого времени на железных дорогах в качестве ещё одного сигнального цвета стал использоваться и синий. Эта цветовая гамма сохранилась на железнодорожном транспорте до настоящего времени. Она перешла на уличные светофоры в городах, а также послужила основой для выбора опознавательных цветов на морском и авиационном транспорте, следующим правилу «справа по ходу движения зелёный цвет, слева красный». Это расположение цветов характерно и для всех светофоров с горизонтальным расположением цветовых сигналов. Надо полагать, что этот выбор теперь уже не изменится.

Человек, который выходит с флажком или фонарём, чтобы дать сигнал поезду, далеко не лучшее решение проблемы сигнализации. Очень скоро стало очевидным, что для сигнализации на железных дорогах нужны стационарные сигнальные устройства, которые должны быть устроены так, чтобы их можно было хорошо видеть издали. Прежде всего, такие устройства надо располагать на входах и выходах станций, а также перед разъездами и пересечениями. Следующий этап, это разбиение длинных перегонов на

участки, перед которыми расположены сигнальные устройства. Конечно, на первых этапах возникновения таких устройств они должны были обслуживаться находящимся рядом персоналом. Такие устройства располагались на столбах, мачтах, а также иногда башнях и будках. На них располагались различные диски, стержни, плоские доски, впоследствии названные крыльями или руками. В США на башни поднимались специальные комбинации шаров или других, далеко видных предметов, которые назывались корзинами. Сигнальная мачта с корзинами изображена на рис. 1.



**Рис 1. Сигнал в виде корзин перед порталом туннеля.**

Корзины поднимались или опускались на мачтах в разных комбинациях. Доски и диски имели возможность вращаться. Разные их положения определяли, запрещён проезд или нет. Применение вращающихся устройств началось уже в начале 30-х годов XIX века. В ночное время на сигнальных мачтах поднимались цветные световые сигналы. Первоначально в каждой стране и даже в пределах одной страны на разных дорогах применялись разные системы сигналов. Постепенно, однако, эта техника стандартизовалась. Изначально использовались только запрещающие сигналы. Если запрета не было, то это соответствовало разрешению на проезд. В 1841 году на Великой Западной дороге в Англии, вероятно впервые, появились и специальные разрешающие сигналы. Их изобретение связывают с именем строителя этой дороги Брюнеля. Он был единственным сыном известного инженера и изобретателя сэра Марка Исмбарда Брюнеля.

Брюнель младший прославился строительством тоннелей, мостов, портовых сооружений и судов. Он проложил свыше 1.000 миль (1.600 км) железнодорожных путей в пределах Англии. Он строил железные дороги также и в других странах в частности. Так, в Италии им были построены две железные дороги. Брюнель стал впервые очень широкую железнодорожную колею — 7 ¼ фута (2140 мм). Для подачи сигналов он использовал вращающийся окрашенный диск. Если этот диск своей плоскостью был ориентирован в направлении движения, то это было запрещающим сигналом. Если же диск поворачивался, то становился виден горизонтальный, окрашенный стержень, разрешавший проезд. В СССР с рядом не принципиальных изменений такой тип сигнализации в виде вращающегося, но без стержня диска продолжал использоваться ещё в течение ряда лет после окончания последней войны в качестве дополнения (предваряющий сигнал) к семафорам.

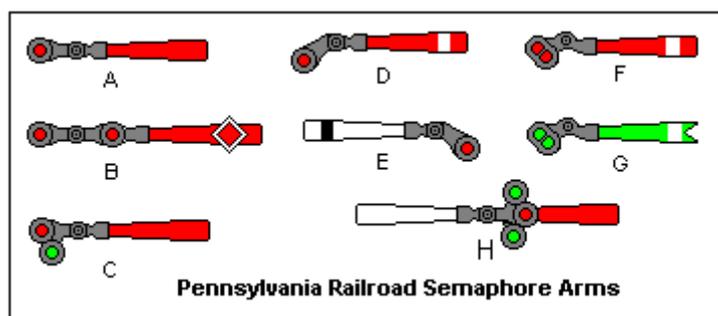


Рис. 2 Крылья современных семафоров Пенсильванской железной дороги в США.

Начиная с того же 1841 сначала в Англии, а затем повсеместно, для сигнализации на железных дорогах начали использоваться семафоры. Семафором называется устройство с изменяющимися положением крыльями (руками, плоскостями), которое используют для подачи сигналов. В принципе возможна подача сигналов и руками, которые держат

сигнальные флажки. Это т.н. ручной семафор. На семафорах применяют и комбинации подвижных цветных фонарей. Для передачи сигналов семафор был впервые использован в 1794 году во Франции Шаппом. Его семафоры располагались на башнях и имели несколько крыльев или фонарей. У крыльев было до 7 разных положений. Телеграф Шаппа использовался до тех пор, пока его не заменил электрический телеграф. Башни семафоров Шаппа располагались на расстояниях от 8 до 16 км. друг от друга. В Англии семафоры использовались первоначально для передачи сигналов на корабли. В 1841 году Грегори впервые применил семафор в качестве инструмента сигнализации на железных дорогах. В те годы основной опасностью светофорной сигнализации считалось зимнее намерзание льда на крыльях семафора, которое не позволяло проводить его переключение из положения в положение. Крыльев у семафора, расположенного на одной и той же мачте могло быть несколько. Они могли быть ориентированы в разные стороны, и даже иметь разные размеры. В ряде случаев они могли «переламываться» в своей средней части. Ряд сложных крыльев современных семафоров, повторяющих разработки конца XIX века приведён на рисунке 2. На нём изображены виды крыльев семафоров, которые и сейчас используются на Пенсильванской железной дороге в США. Крылья крепятся к мачте в своей серединной части, рядом с буквами рисунка. Крылья окрашиваются в разные цвета и могут быть соединены с фонарями разного цвета. На них также могут быть разные прорезы и прикреплённые дополнительные знаки. Горизонтальное положение обычно соответствовало запрету дальнейшего движения поезда. В наклонном положении крыло семафора обычно составляло угол в пределах от  $30^{\circ}$  до  $45^{\circ}$  по отношению к его мачте. В начальные годы в разрешающем проезде положении крылья всегда отклонялись вниз. Это называлось использованием нижнего квадранта. Такое отклонение, однако, таило в себе определённую опасность. Если запор крыла семафора по каким-либо причинам не срабатывал или портился, то его крыло под действием силы тяжести переходило в нижнее из возможных положений. Поскольку при использовании нижнего квадранта запрещающим было верхнее положение крыла, это приводило к возникновению аварийных ситуаций. Соответственно, постепенно стал осваиваться верхний квадрант.

Такое разрешающее положение крыла использовалось и в России.. В общем же, даже в XX веке во многих странах использовались и верхний и нижний квадранты семафора, а также верхнее вертикальное положение крыла. При использовании семафоров с несколькими крыльями нормальное положение дополнительных крыльев отвечало их вертикальному направлению вниз, когда они были просто не заметны на фоне основной мачты. В общем, различных комбинаций в положении крыльев было и кое-где и сейчас достаточно много. В разных странах и даже на разных дорогах одной и той же страны смысл сообщений при одинаковом положении крыльев мог быть разным. В то же время стремление к установлению единообразия сигналов семафора наблюдалось всегда. При использовании семафоров и светофоров очень важным является вопрос о том, к какому пути относится соответствующий сигнал. Постепенно выработалось правило, что сигнальная мачта должна находиться в странах с правосторонним движением справа от пути, к которому относится сигнал. При крыльях ориентированных в одну сторону эта

ориентация должна быть в наружную сторону от пути. Эти правила сложились постепенно. Во второй половине XIX века для указания того, к какому направлению движения поезда относится сигнал семафора, использовались дополнительные корзины или же другие хорошо видимые предметы. Это использование учитывало специфику английского языка. В этом языке основной смысл слова даун (down) означает вниз, а слова ап (up) вверх. В то же время даунтаун (downtown) — это деловая часть города (его центр), а аптаун (uptown), наоборот, означает жилые кварталы, то есть относится к части города, расположенной вне центра. Соответственно даунтрейн (downtrain) — это поезд идущий к центру, а аптрейён — это поезд, движущийся в направлении от центра. Такие названия поездов в США используется и сейчас. Эти названия относятся не только к внутригородскому транспорту. На внегородских линиях даунтрейн означает поезд, направляющийся к городу, а аптрейн в сторону от него (uptrain). Учитывая эти обстоятельства в своё время для семафоров, которые относились к поездам, направляющимся к большому городу, дополнительная корзина располагалась ниже крыла семафора, а для поездов, идущих в противоположном направлении, сверху. Возможно, именно это обстоятельство и привело в ряде случаев к появлению на конце крыльев семафора дополнительных дисков.

К началу XX века на семафорах повсеместно стали использоваться электрические фонари, цвет которых изменялся при помощи вращающихся фильтров, а иногда и линз. Именно в этот период во всём мире окончательно установились значения трёх основных цветов: красного, жёлтого и зелёного. В Европе использовались, как и сейчас на дорогах России, комбинации из двух фонарей. В начальный период развития железных дорог это применялось только для указания о переходе поезда с одного пути на другой. Световые сигналы в тот период применялись совместно с семафорами и сигнальными дисками, объединяясь в одно устройство. В наше время световые сигналы используются чаще всего независимо от семафора, а последние постепенно исчезают. Световые сигналы различаются по цвету, взаимному расположению и числу. В ряде случаев ныне используются и мигающие световые сигналы, а их форма не обязательно должна быть круглой. Так на рис.3 изображён современный светофор одной из скандинавских стран. Сигнал на нём означает, что разрешено движение со скоростью не более 40 км/час.

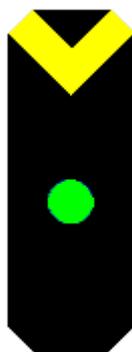


Рис. 3. Современный светофор одной из скандинавских стран. Сигнал разрешает движение с скоростью не более 40 км/час.

Современные семафорные и светофорные сигналы несут много информации. Широко используются сигналы, которые ограничивают допустимую скорость движения, указывают на очерёдность прохождения поездов и т.д. В России такой разветвлённой системы сигналов нет, что вместе с их единообразием в пределах всей страны является несомненным достоинством. В XIX веке световые дополнительные сигналы устанавливали и на поездах. Так в Англии синий сигнальный фонарь в головной части паровоза означал

грузовой поезд. Световые сигналы на паровозе передавали информацию о том, идёт ли экспресс или просто пассажирский поезд, информацию о загруженности вагонов и многое другое. В общем, часть этой информации можно полагать избыточной. В конце XIX века на железных дорогах ряда стран использовались также и звуковые сигналы в виде колоколов (звонков). Они могли иметь разный смысл. Наиболее часто при отправлении поезда со станции раздавался звон сигнального колокола. Его шаг за шагом повторяли на всех блок участках перегона и у переездов. Когда сигнал достигал следующей станции, это означало, что перегон занят, и встречный поезд отправлять запрещено. Со временем этот тип сигнализации повсеместно отмер.

Постепенно стационарные сигналы стали устанавливаться у входов и выходов со станций. Затем перегоны между станциями начали разбиваться на отдельные блок участки. Около стационарных сигналов на перегонах появились и дома для обслуживающего персонала. Во многих случаях перед стационарным сигналом начали устанавливаться предваряющие сигналы. Особое внимание при организации движения уделялось прохождению поездов через однопутные туннели. Уже первый горный туннель в австрийском Земмеринге был снабжён телеграфными устройствами на обоих своих порталах. Нужно помнить, что в середине XIX века телефонная связь ещё полностью отсутствовала, а телеграфия в современном понимании только начинала своё развитие. Для сигнализации на железных дорогах в то время применяли электроуправляемые сигнализаторы, предшественники нынешнего телеграфа. Внешний вид одного из таких устройств приведён на рисунке 4. Хорошо видно, что на поле сигнализатора расположены буквы, а центре имеются 5 игл. Эти иглы могли перемещаться вправо и влево под действием мгновенных импульсов тока. Направление перемещения (вправо или влево) зависело от полярности электрического сигнала. Для каждой иглы применялась отдельная проводка. Сигналы читались медленно, и надо было каждый раз дополнительно передавать на передающую станцию сообщение о том, что сигналы, точнее их части, были поняты.

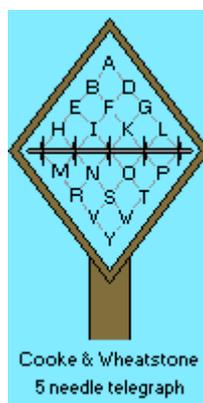


Рис. 4. Английский электрический сигнализатор фирмы Каук

## Уитстоне с пятью сигнальными иглами и буквами.

Англичане гордятся тем, что именно с помощью такого железнодорожного телеграфа было передано сообщение о рождении в королевской семье сына. Известен и случай, когда передача сигнала по такому телеграфу позволила перехватить преступника, ехавшего поездом. Тем не менее, были известны и случаи, когда наличие простейшей телеграфной связи не спасало от столкновений поездов и даже иногда провоцировало их. Так, 25 августа 1861 года в одном из туннелей Англии произошла авария. В схеме безопасности использовался телеграф с двумя иглами. При этом все инструкции были выполнены персоналом правильно. Причиной же аварии оказалось то, что схема для передачи о выходе поезда от одного из порталов туннеля использовала для этой цели провод, который являлся заземляющим для передачи сигналов с противоположного портала. Соответственно, эти и аналогичные им проблемы были обсуждены в специальном докладе Вильма Приса, датированном 13 января 1863 года и представленном в Английский Институт гражданских инженеров.

Аварий, связанных с неправильным использованием телеграфа, было всё-таки не очень много. Из их анализа всегда делались необходимые выводы. При этом постепенно шла замена телеграфных систем со многими проводами и импульсным питанием на телеграфные системы, использующие ключи и азбуку Морзе. В России, например, световые телеграфы и прочие устройства, начали заменяться на телеграфию по Морзе, начиная уже с 1854 года. В 1909 году в России началось использование телеграфных буквопечатающих аппаратов системы Бодо.

Телеграфия, имеющая свою самостоятельную и длительную историю, бурно прогрессировала в годы бурного железнодорожного строительства. В США это были годы активного освоения западных территорий. При этом железные дороги и телеграфные линии часто прокладывались в одних и тех же направлениях. Поэтому уже в 1851 году в этой стране было принято решение о скоординированном строительстве и эксплуатации этих технических достижений. В общем, с тех пор железнодорожная связь во всём мире встраивается в общие каналы связи. Интересно отметить, что многие изобретатели, связанные с телеграфией, начинали свою служебную карьеру на железных дорогах. Так, проводником на железной дороге начинал свой жизненный путь известнейший американский изобретатель Эдисон. Переходя один раз из вагона в вагон, он крупно поссорился с главным кондуктором и получил удар, приведший к его глухоте на одно ухо. Это вынудило его стать телеграфистом. На телеграфе же он сделал своё первое изобретение — способ дуплексной телеграфии, который позволял одновременно посылать морзянку во встречных направлениях, используя только один провод.

Развитие сигнализации на железных дорогах с самого начала поставило вопрос и о создании блокировочных систем. Первым шагом на этом пути была блокировка запрещающего сигнала семафора на всё время прохождения поезда через

соответствующий участок. Первая удачная система такого рода, предложенная Тейером, начала применяться в Англии уже в 1852 году. В России она начала распространяться с 1868 года. Одновременно начинались работы по централизации управления стрелками. В 1867 году было предложено использовать ходовые рельсы в качестве проводников тока в системах автоматической блокировки. Вначале использовались нормально разомкнутые цепи, которые замыкались через оси колёсных пар проходящего состава. Однако уже в 1872 году было предложено использовать нормально замкнутые цепи с тем, чтобы оси проходящего состава шунтировали их. С тех пор эта идея используется повсеместно. Короче говоря, к концу XIX века основные принципы сигнализации, автоматики и блокировки были выработаны. В дальнейшем весь XX век шло совершенствование устройств, накопление опыта и создание соответствующих научных направлений. Все достижения в этом плане основывались на принципах, которые были разработаны в начальный период эксплуатации железных дорог. Этот период можно считать закончившимся к началу XX века или, более точно, к началу Первой мировой войны в августе 1914 года.